

운전자 스트레스 저감을 위한 다감각 자극의 효과

Effect of the Multisensory on the Stress-relieving for Vehicle Driver

김영주¹ · 김혜진² · 이현우³ · 조영호⁴ · 황민철^{5†}

Young-Joo Kim¹ · Hyejin Kim² · Hyunwoo Lee³ · Youngho Jo⁴ · Mincheol Whang^{5†}

Abstract

This study aims to investigate the effect of multisensory stimulation on relieving the stress experienced by drivers. The photoplethysmograms (PPGs) of 30 healthy subjects were measured, and their subjective response to stressful situations and normal driving were evaluated. The subjects underwent nonstimulation and multisensory stimulation in stressful driving situations. Heart rate estimation from the PPG was collected via an ear-type sensor to reduce movement noise. The signals acquired were sampled at 200 Hz using BIOPAC PPG100C. Heart rate variability (HRV) was analyzed to compare the effect of multisensory stimulation on stress situations. In the multisensory stimulation, blue, green, and yellow were used for the visual sensory system; white, pink, and brown noises were used for the auditory sensory system; and lavender, lemon, and rosemary were used for the olfactory sensory system. No difference was observed in the subjective evaluation; however, the HRV results showed an increased HF (%) and decreased LF (%) and LF/HF (%) in the multisensory stimulation (e.g., green, pink noise, and rosemary) when compared to the nonstimulation.

Key words: Heart Rate Variability, Multisensory, Driving, Stress

요약

본 연구의 목적은 운전상황에서 운전자의 스트레스가 유발되었을 시, 다감각 자극이 운전자의 스트레스 저감 효과에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구에서는 운전상황의 운전자의 스트레스를 저감을 목적으로 조명과 사운드 및 향의 조합을 통한 다감각 자극을 제시함으로써, 스트레스 저감에 대한 효과를 확인하고자 하였다. 운전 시 스트레스 상황을 정의하고, 두 종류의 스트레스 유발 시나리오를 구성하였다. 실험은 신체 건강한 20-50대 남녀 30명을 대상으로, 10분간의 운전 상황을 연출하였다. 스트레스 저감에 효과적인 자극조합을 확인하기 위해 시각, 청각, 후각의 자극을 이용하였으며, 시각 자극의 경우 LED 조명을 이용하여 블루, 그린, 옐로우 색상을 제시하였으며, 청각 자극은 화이트, 핑크, 브라운노이즈 사운드를, 후각 자극의 경우는 로즈마리, 라벤더, 레몬향을 각각 사용하였다. 또한, 스트레스 저감에 대한 효과를 살펴보기 위해, 다감각 자극 제시 전후로 주관평가 및 심박변이도를 측정하였다. 심장 반응의 결과, 그린(조명), 핑크노이즈(사운드), 로즈마리(향)의 자극 조합에서 HF(%) 증가 및 LF(%), LF/HF(%)의 감소를 확인할 수 있었으며, 이는 부교감반응의 활성화가 이루어짐을 알 수 있었다. 주관평가 또한 다감각 자극에 노출되었을 때, 다감각 자극이 없는 경우보다 스트레스 저감 효과가 있는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 다감각 자극에 노출되기 전보다 다감각 자극을 경험할 때 운전시 스트레스 저감에 효과를 보이는 것으로 사료된다. 향후 연령별이나 성별에 대한 차이나

¹ 김영주: 감성과학연구센터 책임연구원

² 김혜진: 감성과학연구센터 책임연구원

³ 이현우: 상명대학교 감성콘텐츠기술연구소 연구교수

⁴ 조영호: 감성과학연구센터 책임연구원

^{5†} (교신저자) 황민철: 상명대학교 감성공학과 교수 / E-mail: whang@smu.ac.kr / TEL: 02-2287-5426

개인이 선호하는 자극에 대한 연구를 통해 맞춤형 스트레스 저감 자극에 대한 효과를 확인하는 것이 필요하다.

주제어: 심장반응, 다감각자극, 조명, 사운드, 향, 운전자, 스트레스

1. 서론

운전 상황에서 모든 운전자들은 시시때때로 스트레스 상황에 노출된다. 스트레스를 유발하는 요인은 다양하며, 복잡한 도로상황, 예측 불가한 교통량, 굽은 날씨 등의 외부 요인 등의 여러 원인으로 운전자에게 스트레스를 유발한다.

운전자 스트레스는 공격적인 운전을 하거나, 낮은 집중도를 가지게 되어 사고 발생의 위험을 높이는 잠재적인 위험요소이다(Hartley & El Hassani, 1994; Gulian et al., 1989). 도로교통공단의 통계를 보면, 사망 사고의 경우 운전자의 안전운행 불이행에 따른 사고가 과반수를 차지한다. 즉, 일반적인 교통사고의 90% 이상이 운전자 요인에 의해 발생한다(Shin et al., 2009). 특히, 각성이 높은 스트레스의 경우는 의사결정 능력 저하, 상황인지 감소와 성능저하가 이루어지게 되며 운전 능력의 감소로 이어진다(Healey & Picard, 2005)

운전자의 안전 운전을 방해하는 스트레스는 크게 2 가지로 나누어 볼 수 있다. 첫 번째는 인지적 스트레스로, 운전자의 정신적 인지부하(mental workload)는 운전상황에 따라 주요하게 결정되어진다(Paxion et al., 2014; Verway, 2000). 운전 환경에서의 작업 요구사항과 성능과의 관계는 인지부하에 종속적이므로 주어진 작업이 낮은 요구사항인지, 높은 요구사항을 요구하는지에 따라 운전자의 인지부하는 결정되고 이에 따른 성능도 저하된다(De Waard & Brookhuis, 1996). 예를 들어, 길고 단조로운 도로의 경우는 낮은 요구사항인 반면, 처리할 정보가 많은 시내 도로인 경우는 높은 요구사항에 속하게 된다. 처리 정보가 많은 시내 도로는, 또한 복잡성의 정도(level of complexity)에 따라 처리 정보가 증가된다. 복잡성의 정도는 도로표지판의 기능, 교통량, 도로형태, 작업(task)의 수에 결정된다. 정신적 인지 부하에 영향을 주는 또 다른 변수는 운전 경험(Experience)이다. 운전 경험 및 운전 상황에 대한 학습은 정보처리 프로세스에 따라 운전 시 작업 자동화 혹

은 제어 상태로 인지 처리를 진행하게 된다. 따라서 경험이 많은 운전자는 초보 운전자보다 동일한 운전상황에서 낮은 인지부하를 가지게 된다. 이는 초보 운전자가 작업 자동화의 수준이 낮기 때문이며, 연습에 따라 점진적으로 획득이 가능하다(Patten et al., 2006).

두 번째는 감성적 스트레스이다. 스트레스 상황에 대한 장기간 혹은 반복적인 노출은 운전자의 공격성을 증가시키며, 이러한 상황은 공격적인 운전의 증가로 이어진다(Wiesental et al., 2000; Hartley et al., 1994; Cohen, 1980). 특히, 부당한 도발로 인해 발생하는 생각, 감정, 행동의 결과로 나타나는 도로에서 발생하는 분노(Road rage)의 경우는 교통사고의 원인이 되고 있으며, 매해 증가되는 추세이다(Britt & Garrity, 2003). 이로 인해 미국에서는 운전자의 태도나 행동을 변화시키기 위한 다양한 시도를 진행하고 있다(Shin et al., 2009).

다양한 감각자극을 제시하는 환경을 구성하여, 그 공간 내의 사용자의 반응을 긍정적으로 변화시키는 감각 자극변화에 따른 사용자 반응에 대한 효과는 여러 분야 및 환경에서 연구되어져왔다. 특히, 다감각 자극을 제공하는 환경은 레저와 레크레이션의 개념으로 시작되었으나, 심리적인 치료 효과가 입증되면서부터 치료목적으로 적극 활용되고 있다. 그 예로, 치매를 앓고 있는 노년층이나 문제 행동을 동반한 아동에게 기분 좋은 자극을 통해 평안함과 긍정적인 반응을 유도하거나 통증이 있는 환자에게 이완시켜 스트레스를 이완시키는 경우이다(Hulsegge & Verheul, 2005).

인간은 오감을 통해 외부 환경에 대한 정보를 얻으며, 그 중 시각은 외부환경의 지식을 얻는데 가장 중요하다. 그 다음으로 청각, 후각, 촉각, 미각 순으로 우위성을 가지며, 각 고유성을 지니며 동시에 상호 밀접하게 연관되어 있다(Choi, 2011; Jaint et al., 2010; Fenko et al., 2008).

시각 정보 중에서도 색채는 공유한 파장을 가지고 있기에, 이 파장의 차이가 시신경을 통해 인간의 뇌 안에서 여러가지 파장 정보로 복합적인 처리되어 뇌파의 신

호 및 심리적인 반응을 유발한다(Xu et al., 2019; Lee et al., 2017). 러시아의 생리학자인 S.V. 클라코브가 붉은색은 자율신경계의 교감신경을 촉진하고 푸른색은 부교감신경을 촉진한다는 연구 결과를 발표한 이후에 색상이 인체에 미치는 생리적인 영향에 대한 연구가 이루어지고 있지만, 특히 색상에 대한 감정 유발 연구는 몇 개의 중요한 색상을 가지고 진행 되었으며, 빨강(53%), 파랑(30%), 흰색(25%), 녹색(19%)을 연구한 내용이 대부분이다(Choi, 2016; Jalil et al., 2012). 색상에 대한 연구의 결과는 생리 반응과 주관 반응이 서로 다른 결과를 나타내기도 한다. 예를 들어, 빨강색의 경우 교감활성화 반응을 유도하며, 행동의 반응속도가 빨라졌으나 주관적인 반응은 자극, 흥분 외에도 따스함이라고 평가하기도 한다. 또한, 안정감을 제공하는 색은 초록과 파랑 그리고 보라와 같은 한색 계열 뿐만 아니라 노랑 빨강 등 난색 계열에서도 휴식에 도움이 된다는 연구 결과가 혼재되어 있다(Kim et al., 2020; Lee & Suk, 2012; Kim & Kim, 2009). 이러한 결과는 색채에 대한 물리적인 특성 외에도 연관 이미지, 문화적 상징 등 복합적인 요인에 의해 특정한 정서를 유발되기 때문이다.

청각의 경우 고주파는 두뇌활동을 오랫동안 지속시켜 주고 인지능력을 자극하는 반면, 저주파는 감정을 자극한다. 또한, 음악의 동일한 빠르기와 강약으로 반복되는 리듬의 박자는 신체적, 정서적으로 안정시키는 효과를 주기도 한다(Goodman, 1985). Mandelbrot(1983)는 역 전력 법칙($1/f^b$)에 따른 주파수의 분산 스케일이 있는 노이즈의 형태가 다양한 많은 노이즈의 사례를 설명할 수 있다고 제안하였으며, $b=0$ 의 경우는 모든 주파수에 동일한 성분을 가지게 되는 화이트 노이즈가 되며, 컬러 노이즈의 경우는 특정 범위안의 주파수에 의해 지배된다(Vasseur & Yodzis, 2004). 따라서, $1/f$ 변동리듬과 인간의 쾌적성 간의 관계를 파악하는 연구를 통해, $1/f$ 변동리듬 특성을 지닌 자극을 통해 인간에게 쾌적감을 유발하는 제품이나 치료음악이나 효과음 등의 소리형태 등으로 활용되고 있다(Jeon & Cho, 2006). 변동리듬($1/f$)를 갖는 소리는 음의 규칙성과 이 외성이 균형이 잡혀 있기 때문에, 스트레스 해소 및 긴장 완화에 효과적인 것으로 확인되고 있다. 그 예로, 변동리듬 노이즈는 백색, 핑크, 브라운(레드) 등이 포함되며, 화이트 노이즈 및 핑크 노이즈는 스트레스와 우

울증 완화, 집중력과 기억력 향상과 같은 긍정적인 영향을 주며 특히, 화이트 노이즈의 경우는 기억력 향상이나 수면을 강화 시키기도 한다(Zhou et al., 2012; Söderlund et al., 2010). 핑크 노이즈의 경우는 이완에 유리하며, 수면장애를 개선, 수면의 깊이에 영향을 주기도 한다(Zhou et al., 2012).

후각은 시각의 색채처럼 인종이나 문화에 대한 차이가 있으며, 냄새를 느끼는 방법에도 차이가 존재하는 감각이다. 자연과 기후 조건 변화가 크지 않는 지역의 경우 상쾌한 가벼움, 자연감이 느껴지는 플로라 타입을 선호하는 반면, 꽃이나 과일 향기는 심호흡을 가다듬게 하고, 혈압과 심장 박동수를 낮추며, 근육을 이완시킨다(Chung & Yang, 2006; Kang, 2004). 아로마테라피 중 아로마를 통한 향기 흡입시 5분 이내에 에센셜 오일의 화학성분이 혈액에서 검출되며, 20분 내에 최대 수준을 나타내며, 뇌에 직접적인 영향을 미칠 수 있다(Kim et al., 2014; Worwood, 2012). 예를 들어, 페퍼민트나 유칼립투스 향은 사람을 긴장시키고 졸음을 쫓게 해주며, 제스민은 흥분을 유도하고 라벤더는 진정작용 및 불안에도 효과가 있어 편안한 수면을 유도하며, 로즈마리는 집중을 유도한다(Seo & Kim, 2008; Göbel et al., 1994).

본 연구에서는 운전자의 안전을 위협할 수 있는 스트레스 상황에서 운전자 스트레스를 완화시켜주는 다감각 자극은 무엇이며, 또한 감각 자극 조합을 통한 스트레스 완화에 대한 효과를 살펴보고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 스트레스 유발 시나리오

운전 상황에서 스트레스를 유발하기 위한 시나리오를 인지 스트레스 및 감정 스트레스에 따라 각각 구성하였다. 총 47건의 문헌과 웹 자료를 통해 스트레스 유발 요소를 수집하였다. 수집된 요소들은 중복된 요인을 삭제하기 위해 운전시 스트레스 유발 요소들을 요인 분석한 척도를 기반으로 동일 요인을 합쳐서 그룹화 작업을 진행하였다(Shin et al., 2009; Lee & Lee, 2008; Hahn & Han, 2001).

인지적 스트레스 유발 요인은 총 6개로 분류되었으

며(주행, 지도조작, 차량 제어, 커뮤니케이션, 스마트폰 조작, 기타), 감성적 스트레스는(시간압력, 단속적발, 비합리적 법규 준수, 위협운전, 불법운전, 위험운전, 통행방해)로 분류되었다. 분류된 요인별 해당요소는 인지적 스트레스 86개, 감성적 스트레스 유발 요소 56개로 발생빈도가 높게 나타나는 요소를 축소하기 위해 FGD (Focus Group discussion)를 수행하였다.

FGD 분석 후, 인지적 스트레스 유발 시나리오의 경우 총 22개의 요소로 축소되었고, 감성적 스트레스의

경우 총 28개의 요소로 축소되었다. 인지적 스트레스 유발 요인 6개 및 요소 22개로 후보 시나리오를 조합하였으며, 최종적으로 10건의 시나리오를 도출하였다. 축소의 기준은 (1) 운전 시뮬레이션에서 시연이 가능 유무, (2) 동시작업(Multitasking)이 가능한 요소여부, (3) FGD기반 운전 외적인 요인의 빈도가 높은 항목으로 결정하였다.

감성적 스트레스 유발 요인 5개 및 요소 28개로 후보 시나리오를 조합하였으며, 인지적 스트레스와 마찬가지로

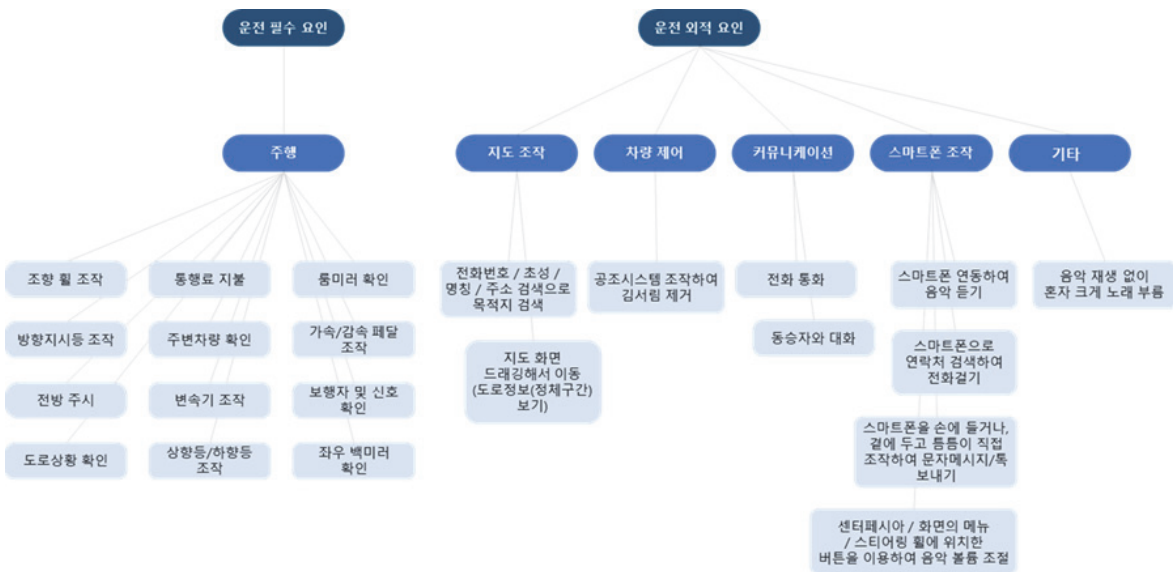


Fig. 1. Factors of driver's cognitive stress in driving



Fig. 2. Factors of driver's emotional stress in driving

지로 최종적으로 10건의 시나리오를 도출하였다. 축소의 기준은 (1) 운전 시뮬레이션 상 시연이 가능 유무, (2) FGD 기반의 Road rage 수준과 빈도가 높은 항목으로 결정하였다.

2.2. 스트레스 유발 운전 시뮬레이션

도출된 인지적, 감성적 스트레스 유발을 위한 시나리오를 운전 시뮬레이션 콘텐츠와 연동하기 위해 스크린 및 운전 제어 장비 등의 환경을 구축하였다. 운전 시뮬레이션 콘텐츠는 City Car Driving (Forward Development, Ltd., Russia)이며, 하드웨어 장비는 Logitech G29를 사용하였다.

시나리오 요소는 City Car Driving 소프트웨어의 옵션을 통해 인지적 스트레스(교통량, 교통상황, 보행자 수), 감성적 스트레스(급정거, 끼어들기, 보행자 위험행동)를 각각 설정하였다. 총 5명(남:4명, $\mu = 34\text{세} \pm 7.6$)의 피험자는 시나리오 경험 전과 후에 시뮬레이션 운전 상황에서 느끼는 스트레스 강도를 평가하였으며, 가장 높은 점수를 획득한 시나리오를 최종 선정하였다. 선정된 시나리오의 특징을 요약하면, 인지적 스트레스의 경우는 운전 외 Task의 수가 많고, 감성적 스트레스의 경우는 위험한 상황과 시간 압박이 주어졌을 때로 요약된다(Table 1). 평가 항목은 총 7점 만점으로 리커트 척도를 사용하였다(Healey et al., 2005).

선을 통해 인지적 스트레스(교통량, 교통상황, 보행자 수), 감성적 스트레스(급정거, 끼어들기, 보행자 위험행동)를 각각 설정하였다. 총 5명(남:4명, $\mu = 34\text{세} \pm 7.6$)의 피험자는 시나리오 경험 전과 후에 시뮬레이션 운전 상황에서 느끼는 스트레스 강도를 평가하였으며, 가장 높은 점수를 획득한 시나리오를 최종 선정하였다. 선정된 시나리오의 특징을 요약하면, 인지적 스트레스의 경우는 운전 외 Task의 수가 많고, 감성적 스트레스의 경우는 위험한 상황과 시간 압박이 주어졌을 때로 요약된다(Table 1). 평가 항목은 총 7점 만점으로 리커트 척도를 사용하였다(Healey et al., 2005).

2.3. 스트레스 저감 자극 조합

각각 자극의 종류는 다양하기에, 기존 문헌에 근거하여 이전 연구를 통해 스트레스 저감 자극으로 이완 감성을 유발하는 시각, 자극, 후각자극을 각각 선별하였다 (Kim et al., 2020; Table 2). 시뮬레이션 환경 내 시각자극은 운전석 계기판 및 센터페시아 및 페달 위치 면에 적용하였다. 청각자극은 전면부 스피커를 통



Fig. 3. Environment for virtual experiment

Table 1. Content of stress scenario

Stress	Contents
Cognitive stress	Maximum number of tasks
Emotional stress	Time pressure, dangerous situation

Table 2. Contents of multisensory stimulation

Sensory	Stimulation
Visual (R,G,B)	Yellow (255,255,0)
	Green (0,255,0)
	Blue (0,0,255)
Auditory (Noise)	White noise
	Pink noise
	Brown noise
Olfactory	Lavender
	Rosemary
	Lemon

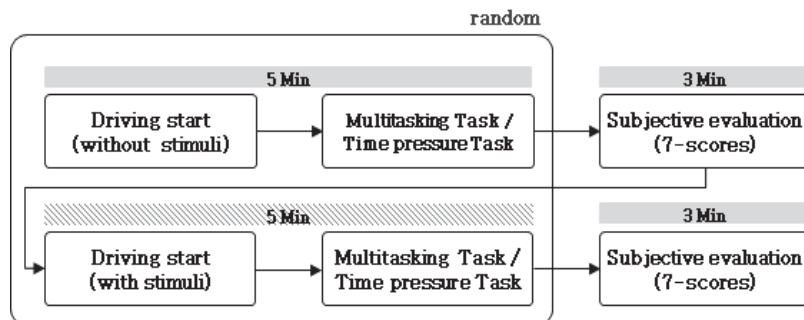


Fig. 4. Experimental process in the simulator

해, 후각 자극은 보조석 발판에 디스펜서를 설치하였다.

자극 조합의 경우는 조합의 종류를 축소하기 위해, 시각 감각 우세에 근거(Spence et al., 2012)하여 검증할 조합을 선택하기 위해, 1단계로 5명의 피험자를 대상으로 시각과 청각 자극의 조합으로 매핑한 총 9종에서 주관 평가를 통해 3종의 자극 후보를 선정하였다. 2단계로, 시/청각 조합 3종 자극 후보에 후각 자극 3개를 매핑한 총 9개의 조합을 제시하고, 2회 반복을 통해 시청각 조합과 동일하게 주관평가를 수행하여, 최종적으로 시각, 청각, 후각 조합 자극 3종을 선정하였다. 3단계로, 주관평가 기준으로 산출된 3종의 자극 조합은 생리적 반응을 통한 스트레스 저감 효과를 분석하기 위해, 피험자 5명으로부터 주어진 시나리오에 따른 운전 시뮬레이션을 수행하는 5분 동안 심장 반응을 수집을 진행하였다. 운전이 최대한 방해가 되지 않도록 뒷좌석 부착형 PPG 센서를 착용하였다.

신호는 BIOPAC PPG100C (Biopac systems, USA) 장비를 이용하여 수집되었고 500Hz/sec로 샘플링 되었다. 측정 조건은 시나리오 수행과 저감 자극 제시 전후



Fig. 5. The multisensory stimulation for stress-reliving in driving

간의 각 5분 데이터를 비교하였다.

실차 환경에서는 피험자 30명(남: 15명, $\mu = 38세 \pm 7$)을 대상으로 10분 동안 시뮬레이션과 동일하게 심장 반응을 수집하였다. 인지적 스트레스의 경우, 산수 문제풀기, 속담 10개 제시하기 등, 운전 외 task를 제공하였으며, 감성적 스트레스의 경우, 안전 운전을 위해, 시간제한으로 인한 시간 압박(time pressure)만 제시하였다. 또한 조합 자극 3개 및 자극 제시 없는 구간과 자극 제시 구간의 순서는 랜덤으로 제시하여 learning effect/order effect를 배제하였다.

3. 연구 결과

3.1. 시뮬레이션 분석 결과

시, 청각의 자극 조합의 경우 총 9종이므로, 시뮬레이션 상황에서 자극 조합 제시 전과 후에 각각 스트레스 강도에 대한 설문 조사를 진행하였다. 설문 평가는 7점 척도로 진행되었으며, 자극 조합 제시 전과 후의 변화 값으로 스트레스 강도의 증감을 확인하였다(Table 3). 그 결과 3종의 자극 모두 자극 제시 전보다 제시 후에 스트레스

Table 3. Comparison of subjective response to multisensory stimulation in the two stress scenarios

No.	visual	Auditory	Olfactory	Cognitive Scenario	Emotional Scenario
1	Blue	Brown	Lavender	-0.6	-0.2
2	Yellow	Brown	Lavender	-0.4	-0.4
3	Green	Pink	Rosemary	-0.4	-0.6

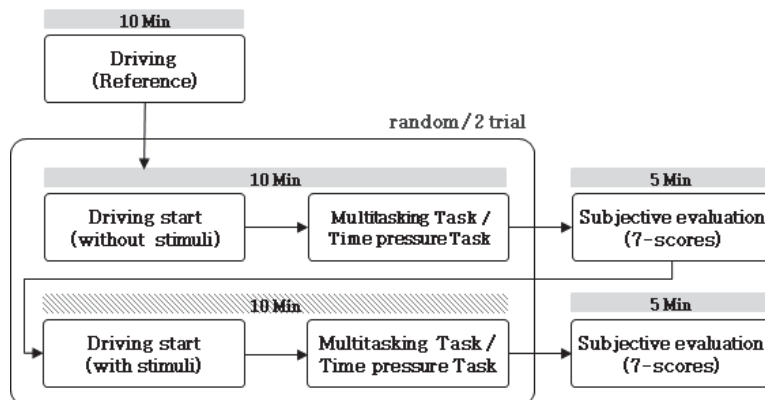


Fig. 6. The multisensory stimulation for stress-reliving in driving

저감은 이루어졌으며, 인지 시나리오에서는 1번 자극이 경우 -0.6점으로 가장 낮았으며, 감성 시나리오에서는 3번 자극이 -0.6점으로 저감된 강도가 가장 높았다.

또한, PPG를 이용하여 운전 시뮬레이션 상황에서의 자극 조합 제시 전과 후로 측정된 심장 반응을 분석하였다. PPG는 시간 도메인 및 주파수 도메인의 분석 변수를 추출하여 스트레스에 반응하는 Total power(TP), SDNN, RMSSD, HF, LF를 각각 분석하였다.

인지적 스트레스의 경우, 자극1과 2에서는 Total power의 감소, SDNN의 감소, RMSSD의 감소가 나타났다. 자극 3의 경우는 이와 반대로 Total power의 증가, SDNN의 증가, RMSSD의 증가의 결과를 보였다. 자극 1과 2의 경우, LF 감소 및 HF의 감소를 보였으며 자극 3의 경우, LF의 증가 및 HF의 증가를 확인하였다.

Table 4. Comparison of heart response to multisensory stimulation in the cognitive stress scenario

Cognitive Scenario	Ref-1 (Sti-1)	Ref-2 (Sti-2)	Ref-3 (Sti-3)
SDNN	69.4 (67.6)	83.9 (67.7)	63.7 (69.5)
RMSSD	56.9 (47.1)	84 (61.1)	54.8 (58.8)
TP	4608.9 (4479.9)	5694.9 (3707.1)	3757.2 (4418.3)
LF	1430.4 (1189)	1970.6 (1499.4)	1198.5 (1248)
HF	983.8 (573.6)	1690.2 (847.5)	764.3 (918.4)
LF/HF	1.69 (1.94)	1.39 (1.87)	1.59 (1.61)

감성적 스트레스의 경우, 자극 1에서는 Total power의 감소, SDNN의 감소, RMSSD 증가, LF 증가, HF 증가, LF/HF 증가를 보였다. 자극 2는 Total power의 감소, SDNN의 감소, RMSSD 감소, LF 감소, HF 감소, LF/HF 증가를 보였다. 자극 3의 경우 Total power의 감소, SDNN의 감소, RMSSD 감소, LF 증가, HF 감소, LF/HF 증가를 확인하였다.

시뮬레이션 내의 자극 조합에 대한 저감 효과를 살펴본 결과, 인지적 스트레스의 경우 저감 자극을 제시하지 않는 상황에 비해 저감 자극 3번에 노출되었을 때 Total power의 증가 및 SDNN의 증가, RMSSD 증가, LF 증가, HF 증가됨을 확인하였다. 감성적 스트레스의 경우는 저감 자극을 제시하지 않는 상황에 비해 저감 자극 1번

및 3번에 노출되었을 때 Total power의 감소 및 SDNN의 감소, RMSSD 증가, LF 증가, HF 증가를 확인하였다.

Table 5. Comparison of heart response to multisensory stimulation in the emotional stress scenario

Emotional Scenario	Ref-1 (Sti-1)	Ref-2 (Sti-2)	Ref-3 (Sti-3)
SDNN	64.2 (54.8)	80.9 (69.7)	66.2 (57.1)
RMSSD	41.2 (41.4)	80 (52.9)	51.7 (45.8)
TP	3507.2 (2798.4)	5300.5 (4605.7)	3699 (3100.9)
LF	658 (776.1)	1396.6 (1144.7)	622 (816.7)
HF	570.4 (594.8)	1528.4 (1181.5)	676.7 (589)
LF/HF	1.48 (2.0)	1.12 (1.48)	1.34 (1.74)

3.2. 실차 분석 결과

실차에서 진행한 인지적/ 감성적 시나리오에 대한 스트레스가 유발되었는지 확인하기 위해, 비모수 검정인 Kruskal Wallis test 및 Mann-Whitney U test를 통해 주행 전(Normal)과 주행 후(Cognitive, Emotional)의 주관평가 및 생리반응을 비교하였다.

Table 6. Statistical results for driving conditions (df=2)

	Normal	Cognitive	Emotional	χ^2	<i>p</i>
Subjective response	2.50 ±1.36	4.64 ±1.49	3.82 ±1.52	31.758	0.000
SDNN	106.61 ±48.76	86.99 ±54.25	101.95 ±61.21	4.828	0.089
RMSSD	125.01 ±71.56	93.15 ±77.48	108.14 ±88.71	4.002	0.135
TP	9337.79 ±7524.60	7551.03 ±9566.43	10176.08 ±11627.62	4.645	0.098
LF (%)	44.58 ±13.69	54.55 ±15.58	53.05 ±17.37	8.755	0.013
HF (%)	55.42 ±13.69	45.45 ±15.58	46.95 ±17.37	8.755	0.013
LF/HF (%)	98.28 ±79.88	155.6 ±114.64	162.47 ±152.29	8.755	0.013

주관평가 및 생리반응 모두 인지적/ 감성적 시나리오 제시 시 모두 스트레스가 유의미하게 증가하는 것으로 확인되었다. 인지적 스트레스 상황에서의 심장반

Table 7. Statistical results of the stimuli-1 in cognitive and emotional stress driving conditions

Cognitive Scenario	Cognitive Stress	Stress-relieving (Stimuli-1)	Z	p-value	Emotional Scenario	Emotional Stress	Stress-relieving (Stimuli-1)	Z	p-value
SDNN	88.73±53.68	94.78±56.03	-1.306 ^b	0.192	SDNN	102.69±62.65	103.76±59.81	-.134 ^b	.894
RMSSD	96.28±77.53	103.89±82.32	-0.874 ^b	0.382	RMSSD	108.61±90.39	111.88±88.13	-.175 ^c	.861
TP	7481.41±9466.99	8586.47±10310.82	-1.286 ^b	0.199	TP	10207.13±11681.29	10439.03±10940.62	-.545 ^b	.586
LF(%)	52.79±15.00	53.89±15.82	-0.751 ^b	0.453	LF(%)	51.95±17.64	53.34±16.94	-1.121 ^b	.262
HF(%)	47.21±15.00	46.11±15.82	-0.751 ^c	0.453	HF(%)	48.05±17.64	46.66±16.94	-4.782 ^b	.000
LF/HF(%)	140.92±99.13	150.29±109.81	-1.059 ^b	0.289	LF/HF(%)	158.05±170.78	163.52±154.52	-.915 ^b	.360

Table 8. Statistical results of the stimuli-3 in cognitive and emotional stress driving conditions

Cognitive Scenario	Cognitive Stress	Stress-relieving (Stimuli-3)	Z	p	Emotional Scenario	Emotional Stress	Stress-relieving (Stimuli-3)	Z	p
SDNN	87.76±56.10	83.22±46.31	-1.200 ^b	0.230	SDNN	101.21±62.15	105.40±54.51	-1.368 ^b	0.171
RMSSD	93.72±79.47	87.89±67.89	-.746 ^b	0.456	RMSSD	107.68±89.78	116.79±81.14	-1.779 ^c	0.075
TP	7904.88±9848.84	6504.67±7239.85	-.789 ^b	0.430	TP	10145.03±11871.14	9999.55±10329.78	-0.792 ^c	0.428
LF(%)	55.73±16.73	52.55±14.81	-2.260 ^c	0.024	LF(%)	54.16±18.03	47.75±15.49	-2.335 ^b	0.020
HF(%)	44.27±16.73	47.45±14.81	-2.260 ^b	0.024	HF(%)	45.84±18.03	52.25±15.49	-2.335 ^c	0.020
LF/HF(%)	168.84±130.00	137.44±93.79	-2.368 ^c	0.018	LF/HF(%)	166.89±136.63	116.97±93.21	-2.417 ^b	0.016

응의 경우는 HF(%)는 감소된 반면, LF(%), LF/HF(%)는 유의미하게 증가하였다. 감성적 스트레스의 경우는 HF(%)는 유의미한 감소를 보였으며, LF(%), LF/HF(%)에서 유의미한 증가 패턴을 보였다(Table 6).

또한, 스트레스 저감 효과를 위한 자극1과 자극3을 비교분석하기 위해 Mann-Whitney U test을 실시하였다. 또한, 인지적 스트레스의 경우와 감성적 스트레스 경우 모두 자극조합 제시 전과 후에 대한 주관적 차이는 없었다. 단, 인지적 스트레스 상황에서 자극 3에 대한 심장 반응에서는 통계적 차이를 확인하였다.

자극3에 대해 LF(%) 감소, HF(%) 증가, LF/HF(%) 감소를 보였다. 감성적 스트레스 상황에서도 인지적 스트레스와 동일하게 자극 3에 대해서 LF(%) 감소, HF(%) 증가, LF/HF(%) 감소가 유의미하게 보였다.

4. 결론

자극에 대한 감성 연구는 시각 자극 중에서도 특히 실내 인테리어를 위한 색상에 대한 연구는 꾸준히 진행되고 있지만, 차 안에서 색상에 대한 연구는 미비하며, 감각자극 중 시각자극(색상)에 집중되어 있으며, 운전자의 스트레스 저감을 위한 다양한 감각 자극에 관한 연구는 아직 미흡하다. 따라서, 본 연구에서는 시각자극 중심으로 청각, 후각 자극을 조합함으로써 운전

상태에서 스트레스 저감에 효과있는 자극 조합을 선정하고 이에 대한 효과를 검증하고자 하였다.

운전자의 스트레스가 안전 운전에 방해가 된다는 전제하에 운전상황에서 발생하는 스트레스 종류를 각각 인지적 스트레스와 감성적 스트레스로 각각 정의하였다. 또한, 운전자의 스트레스를 저감시킬 수 있는 자극 조합을 구성하고 심장반응 및 주관반응을 통해 자극 조합의 효과를 비교 분석하였다. 시뮬레이션에서의 인지적 스트레스의 경우 자극을 제시하지 않는 상황에 비해 저감 자극 3번(그린, 핑크노이즈, 로즈마리)에 노출되었을 때 Total power의 증가 및 SDNN의 증가, RMSSD 증가, LF 증가, HF 증가됨을 확인하였다. Total power의 증가는 자율신경반응의 활성화를 의미하며, SDNN의 스트레스 저항성을 알 수 있는 지표이다. 자극 3번을 경험했을 때, 자극을 받지 않는 경우보다 Total power 및 SDNN의 증가로 스트레스에 저항하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한, RMSSD와 HF의 증가는 스트레스로 인한 항상성으로 부교감 반응의 활성화가 나타나는 것으로 해석된다.

시뮬레이션에서의 감성적 스트레스의 경우는 저감 자극을 제시하지 않는 상황에 비해 저감 자극 1번(블루, 브라운노이즈, 라벤다) 및 3번에 노출되었을 때 Total power의 감소 및 SDNN의 감소가 일어났지만, RMSSD 증가, HF 증가를 통해 부교감 활성화 반응을 확인할 수 있었다.

실차에서는 인지적 스트레스 및 감성적 스트레스 모두 자극 3(그린, 핑크노이즈, 로즈마리)의 경우에 LF(%)의 감소, HF(%)의 증가 및 LF/HF(%)의 감소를 보였으며, 부교감활성화 반응이 두드러졌다. 자극 1(블루, 브라운노이즈, 라벤다)의 경우는 Total power 증가, SDNN 증가, RMSSD의 증가로 인한 부교감활성화 반응을 확인할 수 있었지만, 통계적 차이를 보이지 않았으며, 이러한 점은 LF나 HF의 변화를 유도하기에는 자극 3에 비해 스트레스 저감 효과가 미비한 것으로 보인다.

본 연구에서 저감 자극 조합 상황에서의 부교감 활성화 반응을 보인 것은 스트레스 환경에 노출되었을 때, 인간은 스트레스로 인해 교감 활성화반응이 이루어지기 때문에, 생리적인 균형이 깨지게 된다. 이를 극복하기 위해 스트레스 상황에 대한 저항의 반응인 항상성을 유지하기 위해, 부교감 반응이 활성화된다. 이러한 부교감활성화 반응이 이루어지지 않는 경우, 만성 스트레스 상황에 빠지게 된다(Selyr, 1976). 이번 연구에서는 스트레스 상황에서의 특정 자극 조합(그린, 핑크노이즈, 로즈마리)을 경험하였을 때, 부교감 활성화 반응을 보였으며, 주관 평가에서도 스트레스가 저감된다고 평가하였다. 이런 결과는 자극 조합이 스트레스 저감에 일부 효과적임을 시사한다. 그러나 본 연구의 결과는 성별이나 연령, 주변 환경변화(실차상황)에 따른 자극을 고려하지 않았기에 향후 상황별, 연령, 성별에 따른 스트레스 저감 자극에 대한 추가 연구도 필요할 것으로 보인다.

자동차 산업의 새로운 기술 키워드는 Connected(양방향 통신), Automated(자동화), Shared & service(차량 공유 및 서비스), Electric(전기자동차)로 운전자 스트레스 상태에 따른 스트레스 저감 연구는 자동차 내부의 운전자의 감성 상태에 따른 맞춤형 서비스를 제안함으로써, 보다 안전한 운전상황 제공과 더불어 사용자의 만족감을 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- Britt, T. W., & Garrity, M. J. (2003). An integrative model of road rage. *Revue Internationale de Psychologie Sociale*, 16(3), 53-79.
- Choi, H. (2016). A study on the color mise-en-scene in the film <We need to talk about Kevin> and <Mood Indigo>. *Journal of Communication Science*, 16(2), 242-263.
- Choi, S. (2011). The effects of a color environment on the emotional evaluation of Space - Focusing on the theory of MBTI personality classification and the cross - tabulation analysis of brain waves. *Journal of Digital Design*, 11(4), 561-573.
- Chung, J. H. & Yang, N. W. (2006). Research papers: An architectural study on the healing environment design through the analysis of sensory stimulation in the general hospitals' patient-room. *Journal of the Korea Institute of Healthcare Architecture*, 12(2), 7-15.
- Cohen, S. (1980). Aftereffects of stress on human performance and social behavior: a review of research and theory. *Psychological Bulletin*, 88(1), 82. DOI: 10.1037/0033-2909.88.1.82
- De Waard, D., & te Groningen, R. (1996). The measurement of drivers' mental workload. Netherlands: Groningen University, Traffic Research Center.
- Fenko, A., Schifferstein, H. N., & Hekkert, P. (2008). Which senses dominate at different stages of product experience?. In: Design Research Society Conference 2008, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK, 16-19 July.
- Göbel, H., Schmidt, G., & Soyka, D. (1994). Effect of peppermint and eucalyptus oil preparations on neurophysiological and experimental algesimetric headache parameters. *Cephalalgia*, 14(3), 228-234. DOI: 10.1046/j.1468-2982.1994.014003228.x
- Goodman, J. L. (1985). Perceived music and music-teaching competencies of classroom teachers in the state of Ohio (Doctoral dissertation, The Ohio State University).
- Gulian, E., Matthews, G., Glendon, A. I., & Davies, D. R. (1989). Dimensions of driver stress. *Ergonomics*, 32, 585-602. DOI: 10.1080/00140138908966134
- Hahn, D. W., & Han, I. S. (2001). An application of theory of planned behavior to passenger car drivers' speed - limit violation. *The Korean Journal of Health Psychology*, 6(2), 39-62.
- Hartley, L. R., & El Hassani, J. (1994). Stress, violations and accidents. *Applied Ergonomics*, 25(4), 221-230. DOI: 10.1016/0003-6870(94)90003-5
- Healey, J. A., & Picard, R. W. (2005). Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 6(2), 156-166. DOI: 10.1109/TITS.2005.848368
- Hulsegge, J., & Verheul, A. (2005). *Snoezelen: Another world*. Chesterfield, UK: Rompa.

- Jaint, N., Verma, P. U. N. A. M., Mittal, S. U. N. I. T. A., Singh, A. K., & Munjal, S. (2010). Gender based alteration in color perception. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 54(4), 366-70.
- Jalil, N. A., Yunus, R. M., & Said, N. S. (2012). Environmental colour impact upon human behaviour: A review. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 35, 54-62. DOI: 10.1016/j.sbspro.2012.02.062
- Jeon, Y. W., & Cho, A. (2006). Effect of 1/f fluctuation sound on comfort sensibility. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 25(4), 9-22. DOI: 10.5143/JESK.2006.25.4.009
- Kang, Y. (2004). Study of interface using human sense organs in interactive media – centered on the expressions of ‘tree’ and ‘spirit fire’ in medai art (Master dissertation), Ehwa Womens University, Seoul, Korea.
- Kim, C. S., Kim, Y. A., Jung, I., & Ryu, J. Y. (2014). The influence of aromatherapy to relieve stress. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 12(3), 331-337.
- Kim, J. M., & Kim, M. S. (2009). Change of sensitivity perception subsequent to the difference in color temperature of light in the image. *Journal of Korea Design Knowledge*, 10, 102-111.
- Kim, K.-B., Jo, H. S., & Min, B. C. (2020). Study on the variation of driver’s biosignals according to the color temperature of vehicle interior mood lighting. *Science of Emotion & Sensibility*, 23(2), 3-12. DOI: 10.14695/KJSOS.2020.23.2.3
- Kim, Y.-J., Kim, H., Lee, H., Jo, Y., & Whang, M. (2020). The effect of the multisensory for driver. *Proceedings of the Science of Emotion & Sensibility Spring Annual Conference*, 58.
- Lee, E., & Suk, H. J. (2012). The emotional response to lighting hue focusing on relaxation and attention. *Archives of Design Research*, 25(2), 27-39.
- Lee, H., Kim, S., Kim, K., & Hong, K. (2017). Brain waves evoked by the changes of background pastel colors with a pattern of achromatic color. *Fashion & Textile Research Journal*, 19(5). DOI: 10.5805/SFTL.2017.19.5.653
- Lee, S., & Lee, S. C. (2008). Validation and development of the driving stress scale. *Korean Journal of Psychological and Social Issues*, 14(3), 21-40.
- Mandelbrot, B. (1983). *The fractal structure of nature*, Freeman, New York (1983).
- Patten, C. J., Kircher, A., Östlund, J., Nilsson, L., & Svenson, O. (2006). Driver experience and cognitive workload in different traffic environments. *Accident Analysis & Prevention*, 38(5), 887-894. DOI: 10.1016/j.aap.2006.02.014
- Paxion, J., Galy, E., & Berthelon, C. (2014). Mental workload and driving. *Frontiers in psychology*, 5, 1344. DOI: 10.3389/fpsyg.2014.01344
- Seo, J., & Kim, M. Y. (2008). The Effects of aromatherapy on dysmenorrhea, menstrual pain, anxiety, and depression in nursing students, *Korean Journal of Adult Nursing*, 20(5), 756-764.
- Shin, Y., Hahn, D. W., & Ryu, J. B. (2009). A prediction of overspeed driving on the road with driving anger scale. *The Korean Journal of Health Psychology*, 14(1), 159-173.
- Vasseur, D. A., & Yodzis, P. (2004). The color of environmental noise. *Ecology*, 85(4), 1146-1152. DOI: 10.1890/02-3122
- Verway, W. B. (2000). On-line driver workload estimation. Effects of road situation and age on secondary task measures. *Ergonomics*, 43(2), 187-209. DOI: 10.1080/001401300184558
- Worwood, V. A. (2012). *The fragrant mind: Aromatherapy for personality, mind, mood and emotion*. New World Library.
- Xu, L., Park, J., Ahn, S. H. & Lee, S. (2019). A color research system based on image search engine: Compare with Kobayashi color image scale. *Journal of Digital Contents Society*, 20(8), 1625-1634. DOI: 10.9728/dcs.2019.20.8.1625
- Zhou, Y., Huang, H., Wei, L. Y., & Wang, R. (2012). Point sampling with general noise spectrum. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 31(4), 1-11. DOI: 10.1145/2185520.2185572
- 원고접수: 2021.03.02
수정접수: 2021.09.17
게재확정: 2021.09.29